

PREDICCIÓN DE HABITATS POTENCIALES Y FUTUROS DE PINARES DE *PINUS TROPICALIS* MORELET EN EL OCCIDENTE DE CUBA BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

PREDICTION OF POTENTIAL AND FUTURE HABITATS OF *PINUS TROPICALIS* MORELET IN WESTERN CUBA UNDER DIFFERENT SCENARIOS OF CLIMATE CHANGE

Gretel Geada López¹; Carlos A. Miranda Sierra²

¹Dr. C. Biológicas, profesora Titular. Universidad Hermanos Saiz Montes de Oca. Pinar del Río, email: gabriel@upr.edu.cu

²MSc. Meteorológicas, Centro Meteorológico Provincial Pinar del Río, email: calberto@pri.insmet.cu

RESUMEN

La predicción de hábitats potenciales con MaxEnt fue utilizada para estimar la distribución actual y futura de éstos bajo diferentes escenarios de cambio climático. La matriz bioclimática fue obtenida a partir de los resultados del modelo climático regional PRECIS-CARIBE acoplado al modelo de circulación general ECHAM4 para el período 1960-2100 empleando 19 variables bioclimáticas. Se georreferenciaron 1 361 rodales naturales de *Pinus tropicalis* en Cuba. Las variables bioclimáticas que mayor contribución tuvieron para la especie fueron los regímenes de precipitación y temperatura en el período poco lluvioso. Los mapas predictivos mostraron que bajo estos escenarios se ven favorecidos los hábitats para el occidente de la Isla de Cuba, mientras que desaparecen para la llanura suroccidental de Cuba y la Isla de la Juventud.

Palabras clave: nicho climático, hábitat potencial, Máxima entropía, *Pinus tropicalis*.

ABSTRACT

We use Maxent for predicting current and potential habitats under different climate change scenarios A2 and B2. Bioclimatic matrix was obtained from the results of the regional climate model PRECIS-CARIBE coupled to ECHAM4 model for the period 1960 to 2100, using 19 bioclimatic variables. 1 361 natural stands of *Pinus tropicalis* in Cuba is georeferenced. Bioclimatic variables had greater contribution to the species distribution were in precipitation and temperature in the dry season. Predictive maps showed that under these scenarios are favored habitat for the west of Cuba island, while will disappear in southwest of Cuba and Isla de la Juventud.

Keywords: climatic niche, potential habitat, maximum entropy, *Pinus tropicalis*.

INTRODUCCIÓN

Los pinares son una formación con distribución vicariante en el archipiélago cubano (Samek y del Risco, 1989). En el occidente (Pinar del Río e Isla de la Juventud) se distribuyen naturalmente dos especies endémicas *Pinus tropicalis* Morelet y *Pinus caribaea* var. *caribaea* Barrett & Golfari. Esta formación se desarrolla sobre suelos muy pobres, especialmente en dos biotopos sobre pizarras o arenas blancas, que a su vez son reconocidos por Samek y Del Risco (1989) como una sucesión *paraclimax sensu* Texün. Estos pinares representan aproximadamente más del

70% de los bosques en el occidente de Cuba y son de gran importancia económica y ecológica (Del Risco *et al.*, 1995; Figueroa, 2002) ya que sobre ellos descansa la mayor parte de la producción maderable y no maderable del país, siendo dichas especies prioritarias en los programas de plantación y reforestación.

Los pinares han estado sometidos desde el pasado a una fuerte presión antrópica por su explotación con fines comerciales y otras prácticas que han provocado una gradual y acelerada degradación (Figueroa, 2002). Por otro lado, el marcado interés por desarrollar áreas de plantación para la producción de madera y otros productos impulsado en 1960, y los programas de mejoramiento genético en ambas especies, no han tenido el éxito esperado en gran medida por la sustitución de áreas naturales *Pinus tropicalis* que ocupa las áreas más pobres, por plantaciones de *P. caribaea* (de más rápido crecimiento en los cinco primeros años). A esta situación se le adiciona los problemas climáticos actuales y pronosticados relacionados con el incremento acelerado de la temperatura, la disminución de la amplitud térmica diaria y la disminución de las precipitaciones con la consecuente, ocurrencia de eventos de sequía cada vez más frecuentes y extremos (Campbell *et al.*, 2010; IPCC 2007, Karmalkar *et al.*, 2013; Álvarez *et al.*, 2011).

Por otra parte, los impactos del cambio climático se estiman que serán aún más fuertes en las islas tropicales (Peterson *et al.*, 2001, IPCC, 2007; Karmalkar *et al.*, 2013), lo cual determina exige demanda que para estas se disponga de una amplia información biológica de sus recursos (Plan Nacional de Diversidad Biológica 2016-2020) y una aproximación de cómo los cambios en el clima afectaran la distribución de sus especies (Alvarez *et al.*, 2011) en particular las asociadas a categorías de amenaza y endemismo para la toma decisiones a diferentes plazos.

Bajo este contexto, la modelación de hábitats potenciales resulta ser una herramienta vital en la elaboración de las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático. Estos son una caracterización de las condiciones ambientales para las especies, que ayudan a identificar donde están espacialmente ubicados los sitios que cumplen con los requisitos adecuados para las especies en estudio (Pearson, 2007). Estos modelos son conocidos en la ciencia como "modelos de distribución de especies", "modelos de hábitats", "modelos de nichos" o "modelos bioclimáticos".

Estimar los patrones de distribución potencial de las especies se puede hacer a partir del uso de modelos de aprendizaje artificial como el MaxEnt (Máxima Entropía), modelos empíricos como el BIOCLIM (Envolventes Bioclimáticas), modelos estadísticos como MLJ (Modelo Lineal Generalizado) o GARP (*Genetic Algorithm for Rule Prediction*) entre otros. Muchos autores prefieren el MaxEnt debido a que posee varias ventajas sobre el resto de los modelos, consistente en que requiere solo de datos de presencia (Elith *et al.*, 2006) y posee además, buena consistencia en su desempeño sobre todo con un número pequeño de muestras; las salidas pueden ser analizadas de manera estadística y gráfica.

En la actualidad se dispone de un creciente desarrollo y aplicación de estos algoritmos de modelación (Campbell *et al.*, 2010), en su mayoría para especies principalmente continentales ya sean endémicas o no y control epidemiológico (Herrera *et al.*, 2005; Gonzalez-Irusta *et al.*, 2014; Escobar *et al.*, 2014; Smith *et al.*, 2012; Van Zonneveld *et al.*, 2009). Sin embargo, dichos estudios en especies insulares, generalmente raras y endémicas con categorías de amenaza por la IUCN son muy escasos, lo que deja a los decisores y conservacionistas con grandes incertidumbres, limitando sus capacidades en la implementación de estrategias dirigidas a contrarrestar los efectos del cambio climático (Miranda-Sierra *et al.*, 2016). A esto se le adiciona, limitaciones en cuanto a la resolución para las diferentes variables bioclimáticas existentes en las bases de datos globales para islas tropicales, lo cual genera un sesgo muy grande para inferir la variación de éstas y por consiguiente salidas menos correctas.

A partir del interés de la dirección forestal para planificar sus áreas de plantación y evaluación de la disponibilidad de éstas, teniendo en cuenta que el 79% de los pinares lo ocupa los naturales de *P. tropicalis*, se realizó una primera aproximación a la modelación de distribución potencial de *P. tropicalis* en el occidente de Cuba (Miranda-Sierra, *et al.* 2016) en la provincia de Pinar del Río. Sin embargo, la evaluación en el occidente de archipiélago cubano de la distribución potencial actual y la condicionada por los cambios en las variables bioclimáticas para diferentes escenarios de cambio climático no ha sido aún estudiado. El objetivo de este estudio consiste en

pronosticar los cambios en la distribución de hábitats potenciales para los pinares naturales en occidente de Cuba bajo escenarios A2 y B2 de emisiones y el modelo de circulación ECHAM4 acoplado al modelo de climático regional PRECIS-Caribe (*Providing Regional Climates for Impacts Study*) (Jones *et al.*, 2004).

MATERIALES Y MÉTODOS

En el estudio se registraron 1 341 rodales naturales (33 082.1 hectáreas) de la especie, a partir de la información suministrada por en la base de datos (SIFOMAP ver. 1.2) de las Empresas Agroforestales y de la Empresa Nacional para la Protección de la Flora y la Fauna (Figura 1A). Los datos climáticos se obtuvieron de 10 estaciones meteorológicas perteneciente al Instituto de Meteorología para un periodo de 30 años, cinco estaciones climáticas ubicadas en las zonas montañosas pertenecientes al Instituto de Recursos Hidráulicos y al Ministerio de la Agricultura (Figura 1B), además de los datos de 64 pluviómetros de Recursos hidráulicos.

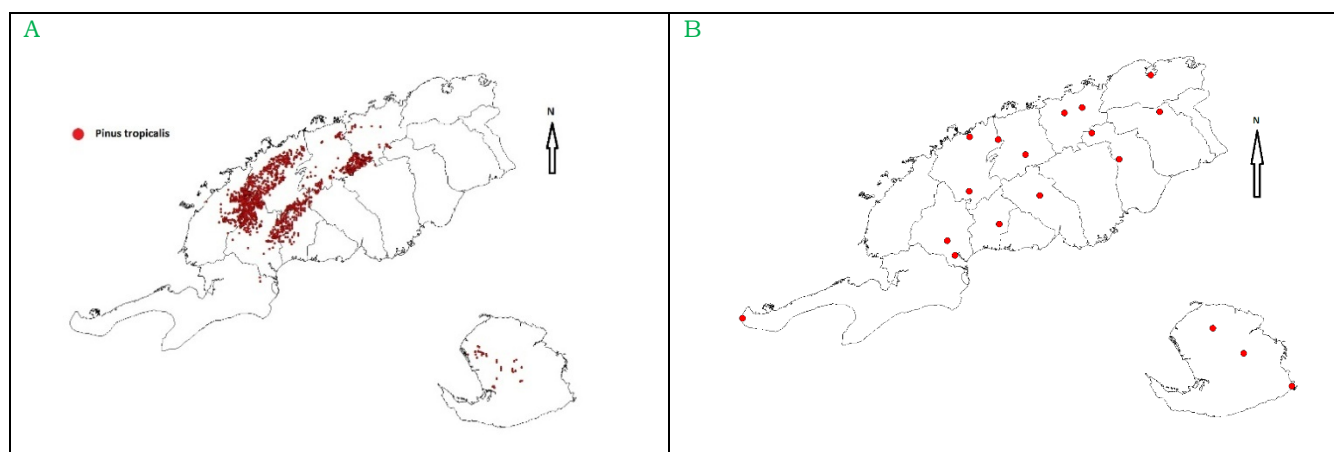


Figura 1. Distribución de los pinares naturales de *Pinus tropicalis* en el occidente de Cuba (A). Estaciones meteorológicas y climáticas (B).

Estimación de la línea base: Se emplearon 19 variables bioclimáticas con las que se conformaron 19 mapas raster. Para la modelación se empleó el MaxEnt ver 3.3.3 (Phillips *et al.*, 2010; Phillips *et al.*, 2006). A partir de los valores de probabilidad de ocurrencia de nicho climático favorable se recodificó la información en términos de aptitud ambiental teniendo en cuenta como mínimo el 10 percentil de presencia: aptitud baja (<0,50), media (0,51 a 0,75) y alta (> 0,75). La identificación de las variables climáticas que más contribuyeron al modelo se realizó con la prueba de *Jackknife* como técnica de remuestreo.

Proyecciones de variaciones en clima futuro: La estimación de las variaciones en las variables bioclimáticas para proyectar el clima futuro, fueron obtenidas a partir de la modelación climática regional PRECIS-CARIBE que, con el modelo de circulación general acoplado océano atmósfera ECHAM4, fijando una resolución espacial de 50 km, y cada una de las interacciones se corresponden con los escenarios de emisión SRES A2 y SRES B2 (INSMET, 2010). El dominio del modelo está comprendido entre los 55°- 90° longitud oeste y los 3°-30° latitud norte. Para los análisis de este estudio solo se emplearon con los puntos de rejillas localizados en la región occidental de Cuba. Se establecieron salidas para la modelación a corto (2030), mediano (2050) y largo plazo (2099).

Los mapas generados por el MaxEnt, tanto de la línea base como las proyecciones futuras, fueron exportados al DIVA-GIS 7.5.0, para generar una evaluación rápida del impacto potencial del cambio climático en la distribución de las especies.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estimación de la línea base: Se emplearon 19 variables bioclimáticas con las que se conformaron 19 mapas raster. Para la modelación se empleó el MaxEnt ver 3.3.3 (Phillips *et al.*, 2010; Phillips *et al.*, 2006). A partir de los valores de probabilidad de ocurrencia de nicho climático favorable se recodificó la información en términos de aptitud ambiental teniendo en cuenta como mínimo el 10 percentil de presencia: aptitud baja (<0,50), media (0,51 a 0,75)

y alta (> 0,75). La identificación de las variables climáticas que más contribuyeron al modelo se realizó con la prueba de *Jackknife* como técnica de remuestreo.

Proyecciones de variaciones en clima futuro: La estimación de las variaciones en las variables bioclimáticas para proyectar el clima futuro, fueron obtenidas a partir de la modelación climática regional PRECIS-CARIBE que, con el modelo de circulación general acoplado océano atmósfera ECHAM4, fijando una resolución espacial de 50 km, y cada una de las interacciones se corresponden con los escenarios de emisión SRES A2 y SRES B2 (INSMET, 2010). El dominio del modelo está comprendido entre los 55°- 90° longitud oeste y los 3°-30° latitud norte. Para los análisis de este estudio solo se emplearon con los puntos de rejillas localizados en la región occidental de Cuba. Se establecieron salidas para la modelación a corto (2030), mediano (2050) y largo plazo (2099).

Los mapas generados por el MaxEnt, tanto de la línea base como las proyecciones futuras, fueron exportados al DIVA-GIS 7.5.0, para generar una evaluación rápida del impacto potencial del cambio climático en la distribución de las especies.

TABLA 1

Comportamiento de las variables climáticas a partir de la serie 1980-2010 en pinares de *Pinus tropicalis*.

Variable bioclimática	Valor máximo	Valor mínimo	Desviación
Temperatura media anual (°C)	25.6	20.6	1.4
Rango medio diurno promedio mensual (°C)	11.1	8.3	0.7
Isotermalidad	469.4	226.0	77.3
Estacionalidad en la temperatura	0.7	0.1	0.2
Temperatura máxima período cálido (°C)	30.4	25.1	1.4
Temperatura mínima período frío (°C)	23.1	19.7	1.0
Rango anual temperatura (°C)	9.8	5.3	1.7
Temperatura media trimestre más lluvioso (°C)	26.8	23.8	1.0
Temperatura media trimestre más seco (°C)	23.5	20.9	0.9
Temperatura media trimestre más caluroso (°C)	26.5	23.9	1.0
Temperatura media trimestre más frío (°C)	23.5	20.9	0.9
Precipitación anual (mm)	1946.0	1362.0	210.2
Precipitación período más lluvioso (mm)	1252.9	800.5	139.1
Precipitación período más seco (mm)	792.6	243.0	158.6
Estacionalidad de la precipitación	0.5	0.3	0.0
Precipitación trimestre más lluvioso (mm)	688.0	194.9	122.9
Precipitación trimestre más seco (mm)	218.7	80.8	48.4
Precipitación trimestre más cálido (mm)	682.0	177.6	245.8
Precipitación trimestre más frío (mm)	215.7	44.5	62.8

La modelo MaxEnt logró predecir con exactitud los hábitat potencial en la especie (esto quiere decir una baja tasa de omisión, resultado del valor de omisión). Por otra parte, la *Receiver Operating Characteristic (ROC)* muestra una perfecta congruencia entre las curvas de datos de entrenamiento y los testados (*Fig. 2*) en la cual *Area under Curve (AUC)* = 0.925; por lo que el uso del MaxEnt fue lo suficientemente bueno en su capacidad de predictiva.

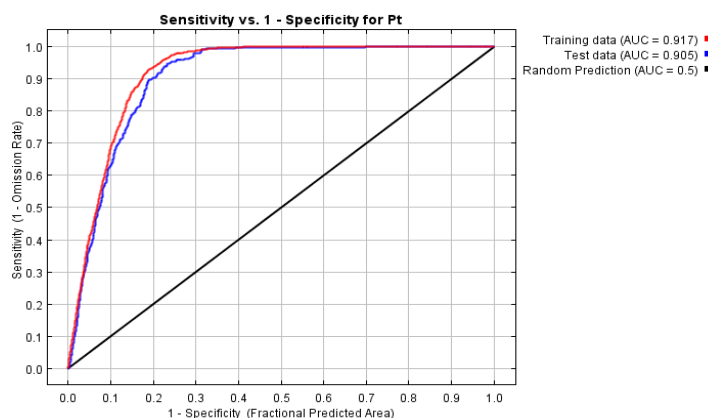


Figura 2. Curva del Receiver Operating Characteristic (ROC) del modelo para Pinus tropicalis.

El test de *Jackknife* (Fig. 3) mostró que las variables más importantes en el modelo de predicción hábitats potencial fueron la temperatura mínima en el periodo más frío (bio06: diciembre-febrero) y la precipitación en el periodo más seco (bio14: noviembre-abril) (Figura 3), seguidas por la isothermalidad (Bio03), la precipitación del trimestre más frío (bio19: diciembre-febrero). Todas estas variables relacionadas con la baja disponibilidad de agua para el clima en el occidente de Cuba (entre diciembre y marzo), esto entonces pudiera indicar que los cambios hacia ambientes más secos impactarían menos a la especie. A su vez, existe una fuerte influencia del régimen de precipitaciones y temperatura en el periodo poco lluvioso en la distribución de *Pinus tropicalis*.

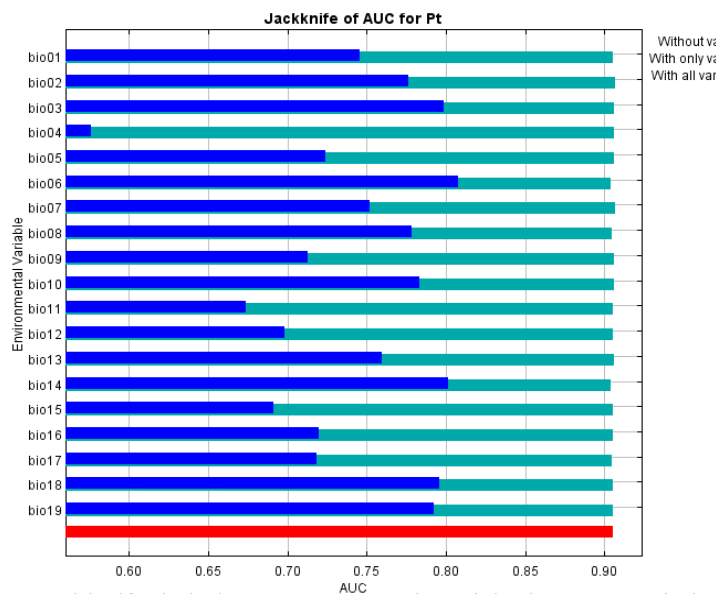


Figura 3. Prueba Jackknife de la importancia en el modelo de MaxEnt de las variables bioclimáticas.

El mapa (Fig. 4) resultante de la probabilidad de distribución potencial actual de los pinares de *P. tropicalis* indican que las mayores probabilidades de presencia con un nicho climático favorable se ubican en áreas próximas a las actuales en la isla de Cuba (provincias Pinar del Río) pero con probabilidades muy bajas en la Isla de la Juventud, todas ellas con condiciones edáficas muy similares para los ecótopos de alturas de pizarra. Sin embargo, las reducidas áreas (~60 ha) presentes en ecótopos de Arenas blancas poseen condiciones climáticas favorables tanto en la isla de Cuba como Isla de la Juventud. Como se puede apreciar predominan áreas con aptitudes media (~11 340ha) y baja (~8047 ha), es válido aclarar que esto corresponde a hábitats potenciales.

Proyecciones hábitat potencial bajo escenarios de cambio climático: A partir de las proyecciones de las variaciones en las variables bioclimáticas a corto (2030), mediano (2050) y largo plazo (2099) se obtuvieron tres mapas de hábitats potenciales para cada escenario (A2 y B2) (Fig. 5).

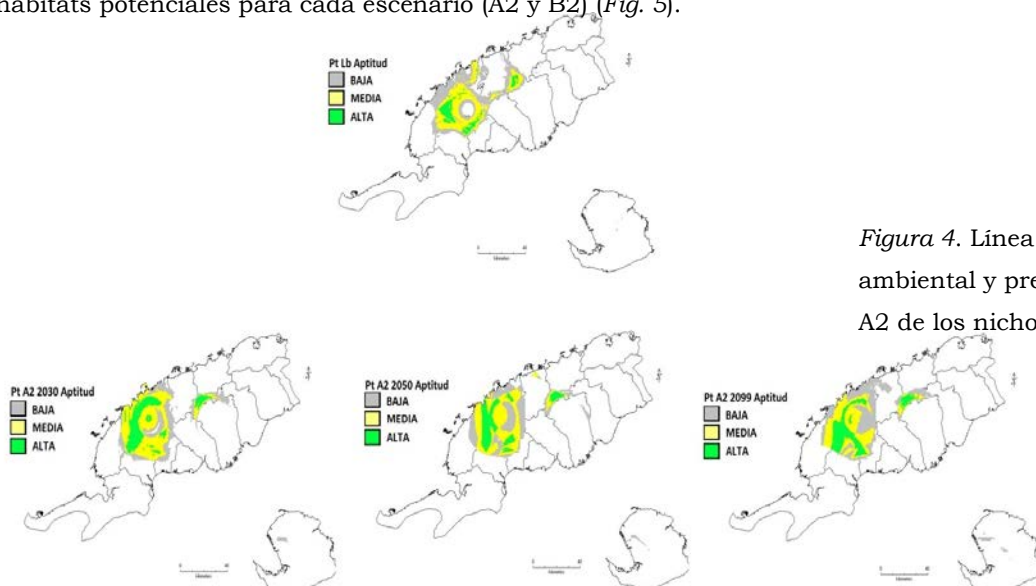


Figura 4. Línea base de la aptitud ambiental y predicciones bajo el escenario A2 de los nichos climáticos de la especie.

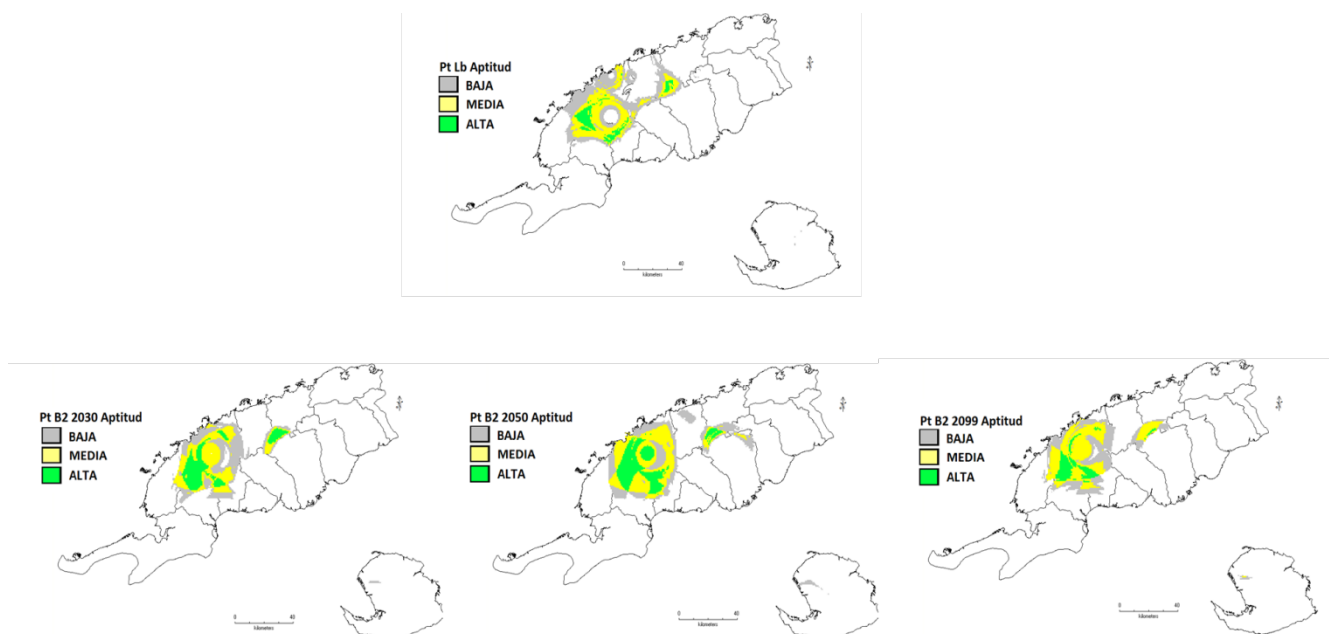


Figura 5. Línea base de la aptitud ambiental y predicciones bajo el escenario B2 de los nichos climáticos de la especie.

Sorprendentemente, las predicciones para los escenarios A2 y B2, muestran un ligero desplazamiento hacia el oeste de la actual distribución (Figura 4 y 5) de los nichos climáticos favorables para la especie en la isla de Cuba, mientras que desaparecen éstos para la Isla de la Juventud y la zona de áreas blancas en Cuba. No obstante, el clima se tornará favorable para que predominen las áreas con aptitudes medias, seguidas de bajas y altas en todos los años proyectados. Se aprecia una tendencia al incremento de las áreas con aptitudes medias y altas, mientras que las bajas mantienen aproximadamente su presencia en particular para el escenario B2. Por lo que de forma general, los cambios del clima tenderán a favorecer las áreas disponibles para la especie.

Las zonas de mayor probabilidad de presencia de la especie ocurren en las Alturas de Pizarras en los municipios Mantua, Guane, Minas de Matahambre, San Juan y Martínez y Viñales. No así en la zona de San Ubaldo, Sabanalamar en la llanura suroccidental, Los Pretiles, Mantua y en la zona montañosa entre Minas de Matahambre y Viñales que poseen condiciones desfavorables (Figura 3). Respuestas similares hacia la distribución se han observado en otros trabajos para otras especies de coníferas como *Pinus herrerae* (Ávila *et al.*, 2014) y *Taxus glabosa* (García *et al.*, 2012) para los cuales las variables temperatura mínimas, medias, máximas y precipitación son las variables climáticas más significativas para su distribución.

De acuerdo con la Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas en Cuba (2015) se ha producido un incremento en la temperatura superficial del aire en 0.9°C; un aumento de la temperatura mínima promedio en 1.9°C, produciendo una disminución en la oscilación diaria de la temperatura. Las precipitaciones en el periodo poco lluvioso, y la disminución en los meses lluviosos y aumento de la lluvia asociada a grandes precipitaciones en invierno. Todo esto propicia impactos en el sector forestal como modificación de patrones fenológicos en las especies arbóreas, aceleración de los ciclos reproductivos anuales de plagas de insectos, aumentando el potencial destructivo de los bosques, riesgo de muerte regresiva entre otros (Álvarez *et al.*, 2011).

Existen variaciones en la disponibilidad de nichos climáticos para cada escenario y en cada uno de los plazos. El escenario A2 estima un incremento del nicho climático favorable hasta el 2050, el que disminuye paulatinamente hasta el 2099. No así ocurre con el escenario B2, que sugiere una disminución del área con condiciones climáticas favorables hasta el 2050 y después se incrementa hasta el 2099 (Figura 4 y 5).

Los mapas sugieren una distribución de los pinares algo similar a la actual, con cambios que se verán favorecidos al incrementarse ligeramente nuevas áreas hacia el oeste y norte. Un alto impacto ocurrirá en las zonas de Alturas

de Pizarras en los municipios de Viñales y La Palma, donde en la actualidad se encuentran importantes áreas de huertos semilleros y masas semilleras de esta especie (Figura 4 y 5). La pérdida total del nicho climático en la Isla de la Juventud, San Ubaldo-Sabanalamar y Los Petriles ya a partir del año 2030 sugiere estrategias inmediatas dirigidas a un manejo forestal de conservación. Los pinares ubicados en las zonas llanas serán los únicos que perderán las condiciones climáticas favorables para su desarrollo futuro. Esto indica que a pesar de que las zonas montañosas no son muy elevadas, es posible un impacto relacionado con la altura sobre el nivel del mar pero este no será tan marcado.

CONCLUSIONES

Las variables climáticas que determinarán la disponibilidad de nichos de *Pinus tropicalis*, son las precipitaciones y un régimen anual en la temperatura mínima en el período poco lluvioso.

Los nichos climáticos de *Pinus tropicalis* sufrirán un desplazamiento al oeste con la desaparición de condiciones climáticas favorables en Sabanalamar e Isla de la Juventud.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ. A., MERCADET. A., Y COL. 2011. El sector forestal cubano y el cambio climático. Inst. Investig. Agro-Forestales, Ministerio de la Agricultura. La Habana, Cuba. 248 pp.
- ÁVILA. R., VILLAVICENCIO, R., RUIZ. A. 2014. Distribución potencial de *Pinus herrerae* Martínez en el occidente del estado de Jalisco. Revista Mexicana en Ciencias Forestales, 5(24): 92-108.
- CAMPBELL, J.D.; TAYLOR, M.A; STEPHENSON, T.S.; WATSON, R.A.; WHYTE, F.S. 2010. Future climate of the Caribbean from a regional climate model. International Journal of Climatology, DOI: 10.1002/joc.2200
- DEL RISCO, E., V. SAMEK. 1995. Los bosques de Cuba. Su importancia histórica y característica. Editorial Ciencia y Técnica. Ciudad de la Habana.
- ELITH, J., GRAHAM, C., ANDERSON, R., DUDIK, M., FERRIER, S., GUIBAN, A., HIJMAS, R., HUETTMANN, F., LEATHWICK, J., LEHMAN, A., ET AL. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecography 29: 129-151.
- ESCOBAR, L.E.; LIRA-NORIEGA, A.; MEDINA-VOGEL, G, PETERSON, T. 2014. Potential for spread of the white-nose fungus (*Pseudogymnoascus destructans*) in the Americas: use of Maxent and NicheA to assure strict model transference. Geospatial Health 9(1): 221-229
- FIGUEROA, C. 2002. Ecología y conservación de *Pinus tropicalis* en bosques naturales de las Alturas de Pizarras. Tesis doctoral. Dpto. Forestal Universidad Pinar del Río. 124 pp.
- GARCÍA, M., CANTÚ, C., ESTRADA, E., PANDO, M., MORENO, A. 2012. Distribución actual y potencial de *Taxus glabosa* (TAXACEA) en México. Journal of the Botanical Research Institute of Texas 6(2): 587-598.
- GONZALEZ-IRUSTA, J. M.; GONZALEZ-PORTO, M.; SARRALDE, R.; ARRESE; B.; ALMON, B.; MARTIN-SOSA; P. 2014. Comparing species distribution models: a case study of four deep sea urchin species. Hydrobiologia, DOI 10.1007/s10750-014-2090-3
- HERRERA, R. C., J. J. VARGAS H. Y J. LÓPEZ U. 2005. Distribución y conservación de las poblaciones naturales de *Pinus greggii*. Acta Botánica Mexicana 72:1-16.
- INSMET (INSTITUTO DE METEOROLOGÍA). 2010. Base de datos del sistema PRECIS-CARIBE para Cuba.
- IPCC, 2007. Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth

Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller, eds.). Cambridge: Cambridge University Press, 996 pp.

JONES, R., NOGER, M., HASSELL, D. C., HUDSON, D., WILSON, S., JENKINS, G., MITCHELL, J. 2004. Generating high resolution climate change scenarios using PRECIS. Met Office Hadley Center, Exeter, UK, 40 pp.

MIRANDA-SIERRA, C.A; GEADA-LÓPEZ, G.; SOTOLONGO-SOSPEDRA, R. 2016. Modelación de la distribución potencial de *Pinus tropicalis* en el occidente de Cuba. Avances. 18(1): 28-35.

KARMALKAR, A. V.; CAMPBELL, J.D.; TAYLOR, M.A; STEPHENSON, T.S.; NEW, M.; CENTELLA, A.; BENZANILLA, A.; CHARLERY, J. 2013. A Review of observed and projected changes in climate for the islands in the Caribbean. Atmosfera 26(2): 283-309.

PEARSON, R.G. 2007. Species distribution modeling for conservation educators and practitioners. Syntesis. American Museum of Natural History. Disponible en <http://ncep.amhn.org>.

PETERSON T. C.,TAYLOR, M. A.; DEMERITTE, R.; DUNCOMBE, D. L.; BURTON, S.; THOMPSON, F.; PORTER, A.; MEJIA, M.; VILLEGAS, E.; SEMEXANT FILS, R.; KLEIN TANK, A.; MARTIS, A.; WARNER, R.; JOYETTE, M.; MILLS, W.; ALEXANDER; L.; GLEASON, B. 2002. Recent changes in climate extremes in the Caribbean region. Journal of Geophysics Research, 107:4601, doi:10.1029/2002JD002251

PHILLIPS, S. J., M. DUDÍK Y E. SCHAPIRE R. s/f. Una breve guía didáctica sobre MaxEnt. AT&T, Princeton University y el Centro para la Biodiversidad y Conservación del Museo Americano de Historia Natural. www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/tutorial/tutorial-in-spanish.doc. (20 de mayo de 2010).

PHILLIPS, S. J., M. DUDIK, R. E. SCHAPIRE. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. Ecological Modelling 190: 231-259.

SAMEK, V., DEL RISCO, E. 1989. Los pinares de la provincia de Pinar del Río, Cuba. Estudio sinecológico. Editorial. Academia. La Habana. 60 p.

SEGUNDA COMUNICACIÓN NACIONAL A LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO. 2015. La Habana, Cuba: 228 pp.

SMITH, A.; PAGE, B.; DUFFY, K.; SLOTOW, R. 2012. Using Maximum Entropy modeling to predict the potential distributions of large trees for conservation planning. Ecosphere 3(6):56. <http://dx.doi.org/10.1890/ES12-00053.1>.

VAN ZONNEVELD M, KOSKELA J, VINCETI B, JARVIS A. 2009. Impact of climate change on the distribution of tropical pines in Southeast Asia. Unasylva 60 (231/232): 24-28.

RESEÑA CURRICULAR

Gretel Geada López

Profesora Titular de la Universidad de Pinar del Río y Presidenta de la Comisión Nacional de la Carrera de Ingeniería Forestal, ha concentrado sus investigaciones en el área de Genética poblacional y Conservación del género *Pinus*.